



Rec'd PCT 19 MAY 2005

MAILED 26 JAN 2004

WIPO

PCT

10/535418

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 14 NOV. 2003**DOCUMENT DE PRIORITÉ****PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE**

SIEGE

26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Important

Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 190600

REMISE DES PIÈCES DATE 19 NOV 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0214424 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 19 NOV. 2002		NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Madame Sophie PLAISANT DIRECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE USINOR Immeuble "La Pacific" La Défense 7 - TSA 10001 F - 92070 LA DEFENSE CEDEX	
Vos références pour ce dossier (facultatif) CLI 99/01C			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	N°
Demande de brevet initiale		N°	Date
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE POUR FABRIQUER UNE TOLE EN ACIER RESISTANT A L'ABRASION ET TOLE OBTENUE			
DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		USINOR	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 - 11/13 Cours Valmy	
	Code postal et ville	92800	PUTEAUX
Pays		FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		01 41 25 91 24	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 25 87 54	
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE 19 NOV 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0214424 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	08 540 W / 190600
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		CLI 99/01C	
6 MANDATAIRE			
Nom		PLAISANT	
Prénom		Sophie	
Cabinet ou Société		DIR PI - USINOR	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		15/04/2002	
Adresse	Rue	Immeuble "La Pacific" - La Défense 7 - TSA 10001	
	Code postal et ville	92070	LA DEFENSE CEDEX
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 41 25 91 24	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 41 25 87 54	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> É <input type="checkbox"/> D	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Sophie PLAISANT		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. MARTIN	

PROCEDE POUR FABRIQUER UNE TOLE EN ACIER RESISTANT A L'ABRASION ET TÔLE OBTENUE

5

La présente invention est relative à un acier résistant à l'abrasion et à son procédé de fabrication.

Les aciers résistant à l'abrasion sont bien connus et sont, en général, des aciers de dureté élevée (comprise entre 400 et 500 Brinell) ayant une structure
10 martensitique, et contenant de 0,12% à 0,3% de carbone. Il est en général admis que pour augmenter la résistance à l'usure il suffit d'augmenter la dureté, mais cela se fait au détriment d'autres propriétés telles que l'aptitude au soudage ou à la mise en forme par pliage, par exemple. Aussi, afin d'obtenir des aciers ayant tout à la fois une très bonne résistance à l'usure et une bonne aptitude à la mise en œuvre, on a
15 recherché d'autres moyens que l'augmentation de dureté.

C'est ainsi qu'on a proposé dans EP 0527 276 et dans US 5,393,358 d'améliorer la résistance à l'abrasion d'un acier contenant de 0,05% à 0,45% de carbone, jusqu'à 1% de silicium, jusqu'à 2% de manganèse, jusqu'à 2% de cuivre, jusqu'à 10% de nickel, jusqu'à 3% de chrome, jusqu'à 3% de molybdène, du bore, du
20 niobium et du vanadium, en ajoutant de 0,015% à 1,5% de titane, de façon à former de gros carbures de titane. Cet acier est trempé et comporte de ce fait une structure martensitique, l'augmentation de résistance à l'abrasion étant obtenue par la présence de gros carbures de titane. Mais, plus particulièrement lorsque l'acier est coulé en lingots, cette amélioration est limitée car, sous l'effet des sollicitations
25 abrasives, les carbures se déchaussent et ne remplissent plus leur rôle. En outre, dans ces aciers, la présence de gros carbures de titane détériore la ductilité. Il en résulte que les tôles fabriquées avec ces aciers sont difficiles à planer et à plier, ce qui limite leurs utilisations possibles.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients, en
30 proposant une tôle en acier résistant à l'abrasion ayant une bonne planéité et qui, toutes choses égales par ailleurs, présente une résistance à l'abrasion, meilleure que celle des aciers connus.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour fabriquer une pièce, et notamment une tôle, en acier pour abrasion dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,35\% \leq C \leq 0,8\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0,35\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 0,50\%$$

$$0\% \leq W \leq 1,00\%$$

$$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 0,50\%$$

$$0\% \leq Cu \leq 1,5\%$$

$$0\% \leq B \leq 0,02\%$$

$$0\% \leq Ti \leq 2\%$$

$$0\% \leq Zr \leq 4\%$$

$$0,05\% \leq Ti + Zr/2 \leq 2\%$$

$$0\% \leq S \leq 0,15\%$$

$$N \leq 0,03\%$$

- éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, Ta et V en des teneurs telles que $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi, Pb en des teneurs inférieures ou égales à 0,1% ,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes, avec $C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8$:

$$0,10\% \leq C^* \leq 0,55\%$$

et :

$$Ti + Zr/2 - 7xN/2 \geq 0,05\%$$

et :

$$1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8 \text{ ou mieux } 2$$

avec : $K = 0,5$ si $B \geq 0,0005\%$ et $K = 0$ si $B < 0,0005\%$,

selon ce procédé, on soumet la pièce ou la tôle à un traitement thermique de trempe, effectué dans la chaude de mise en forme à chaud telle que le laminage ou après austénitisation par réchauffage dans un four, qui consiste à :

- refroidir la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne supérieure à $0,5^{\circ}\text{C/s}$ entre une température supérieure à AC_3 et une température comprise entre $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times \text{Mn} - 37 \times \text{Ni} - 70 \times \text{Cr} - 83 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)$, et $T - 50^{\circ}\text{C}$, la température étant exprimée en $^{\circ}\text{C}$ et les teneurs en C^* , Mn Ni, Cr, Mo et W, étant exprimées en % en poids,
- puis refroidir la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne à cœur $V_r < 1150 \times e_p^{-1,7}$ (en $^{\circ}\text{C/s}$) et supérieure à $0,1^{\circ}\text{C/s}$ entre la température T et 100°C , e_p étant l'épaisseur de la tôle exprimée en mm,
- et à refroidir la tôle jusqu'à la température ambiante, éventuellement, on effectue un planage.

Eventuellement, la trempe peut être suivie d'un revenu à une température inférieure à 350°C , et de préférence inférieure à 250°C .

L'invention concerne également une pièce, et notamment une tôle obtenue notamment par ce procédé, l'acier ayant une structure constituée de 5% à 20% d'austénite retenue, le reste de la structure étant martensitique ou martensito-bainitique avec des carbures. Lorsque la pièce est une tôle, son épaisseur peut être comprise entre 2 mm et 150 mm et sa planéité peut être caractérisée par une flèche inférieure ou égale à 12 mm/m, et de préférence inférieure à 5 mm/m.

Lorsque la teneur en carbone est telle que :

$$0,1\% \leq C - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7 \times \text{N}/8 \leq 0,2\%$$

la dureté est, de préférence, comprise entre 280 HB et 450 HB.

Lorsque la teneur en carbone est telle que :

$$0,2\% < C - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7 \times \text{N}/8 \leq 0,3\%$$

la dureté est, de préférence, comprise entre 380 HB et 550 HB.

Lorsque la teneur en carbone est telle que :

$$0,3\% < C - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7 \times \text{N}/8 \leq 0,5\%$$

la dureté est, de préférence, comprise entre 450 HB et 650 HB.

L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative et être illustrée par des exemples.

Pour fabriquer une tôle selon l'invention, on élabore un acier dont la composition chimique comprend, en % en poids :

- de 0,35% à 0,8% de carbone, et de préférence, plus de 0,45%, voire plus de 0,5%, et de 0% à 2% de titane, de 0% à 4% de zirconium, ces teneurs devant être telles que : $0,05\% \leq \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 2\%$. Le carbone est destiné d'une part à obtenir une structure martensitique suffisamment dure, d'autre part à former des carbures de titane et/ou de zirconium. La somme $\text{Ti} + \text{Zr}/2$ doit être supérieure à 0,05%, de préférence supérieure 0,10%, et mieux encore, supérieure à 0,3%, ou même supérieure à 0,5% pour qu'il y ait un minimum de carbures formés, mais doit rester inférieure à 2%, et de préférence inférieure ou égale à 0,9%, car au-delà, la ténacité et l'aptitude à la mise en œuvre sont détériorées.
- De 0% (ou des traces) à 2% de silicium et de 0% (ou des traces) à 2% d'aluminium, la somme $\text{Si} + \text{Al}$ étant comprise entre 0,35% et 2% et de préférence supérieure à 0,5%, et mieux encore, supérieure à 0,7%. Ces éléments, qui sont des désoxydants, ont en outre pour effet de favoriser l'obtention d'une austénite retenue métastable fortement chargée en carbone dont la transformation en martensite s'accompagne d'un gonflement important favorisant l'ancrage des carbures de titane.
- De 0% (ou des traces) à 2% ou même 2,5% de manganèse, de 0% (ou des traces) à 4% ou même 5% de nickel et de 0% (ou des traces) à 4% ou même 5% de chrome, pour obtenir une trempabilité suffisante et ajuster les différentes caractéristiques mécaniques ou d'emploi. Le nickel a, en particulier un effet favorable sur la ténacité, mais cet élément est cher. Le chrome forme également de fins carbures dans la martensite ou la bainite.
- De 0% (ou des traces) à 0,50% de molybdène. Cet élément augmente la trempabilité et forme dans la martensite ou dans la bainite de fins carbures durcissants notamment par précipitation par auto revenu au cours du refroidissement. Il n'est pas nécessaire de dépasser une teneur de 0,50% pour obtenir l'effet désiré en particulier en ce qui concerne la précipitation de carbures durcissants. Le molybdène peut être remplacé, en tout ou partie, par un poids double de tungstène. Néanmoins cette substitution n'est pas recherchée en pratique car elle n'offre pas d'avantage par rapport au molybdène et est plus coûteuse.
- Eventuellement de 0% à 1,5% de cuivre. Cet élément peut apporter un durcissement supplémentaire sans détériorer la soudabilité. Au-delà de 1,5%, il

n'a plus d'effet significatif, il engendre des difficultés de laminage à chaud et coûte inutilement cher.

- De 0% à 0,02% de bore. Cet élément peut être ajouté de façon optionnelle afin d'augmenter la trempabilité. Pour que cet effet soit obtenu, la teneur en bore doit, de préférence, être supérieure à 0,0005% ou mieux 0,001%, et n'a pas besoin de dépasser sensiblement 0,01%.

- Jusqu'à 0,15% de soufre. Cet élément est un résiduel en général limité à 0,005% ou moins, mais sa teneur peut être volontairement augmentée pour améliorer l'usinabilité. A noter qu'en présence de soufre, pour éviter des difficultés de transformation à chaud, la teneur en manganèse doit être supérieure à 7 fois la teneur en soufre.

- Eventuellement au moins un élément pris parmi le niobium, le tantale et le vanadium, en des teneurs telles que $Nb/2+Ta/4+V$ reste inférieure à 0,5% afin de former des carbures relativement gros qui améliorent la tenue à l'abrasion. Mais les carbures formés par ces éléments sont moins efficaces que ceux qui sont formés par le titane ou le zirconium, c'est pour cela qu'ils sont optionnels et ajoutés en quantité limitée.

- Eventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le sélénium, le tellure, le calcium, le bismuth et le plomb en des teneurs inférieures à 0,1% chacun. Ces éléments sont destinés à améliorer l'usinabilité. A noter que, lorsque l'acier contient du Se et/ou du Te, la teneur en manganèse doit être suffisante compte tenu de la teneur en soufre pour qu'il puisse se former des séléniures ou des tellures de manganèse.

- Le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Parmi les impuretés, il y a en particulier l'azote dont la teneur dépend du procédé d'élaboration mais ne dépasse en général pas 0,03%. Cet élément peut réagir avec le titane ou le zirconium pour former des nitrures qui ne doivent pas être trop gros pour ne pas détériorer la ténacité. Afin d'éviter la formation de gros nitrures, le titane et le zirconium peuvent être ajoutés dans l'acier liquide de façon très progressive, par exemple en mettant au contact de l'acier liquide oxydé une phase oxydée telle qu'un laitier chargé en oxydes de titane ou de zirconium, puis en désoxydant l'acier liquide, de façon à faire diffuser lentement le titane ou le zirconium depuis la phase oxydée vers l'acier liquide.

En outre, afin d'obtenir des propriétés satisfaisantes, les teneurs en carbone, titane, zirconium, et azote doivent être telles que :

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,55\%$$

L'expression $C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 = C^*$ représente la teneur en carbone libre après précipitation des carbures de titane et de zirconium, compte tenu de la formation de nitrures de titane et de zirconium. Cette teneur en carbone libre C^* doit être supérieure à 0,1%, et de préférence supérieure ou égale à 0,22%, pour avoir une martensite ayant une dureté minimale, mais au-delà de 0,55% la ténacité et l'aptitude à la mise en œuvre sont trop détériorées.

De plus, la composition chimique doit être choisie de telle sorte que la trempabilité de l'acier soit suffisante, compte tenu de l'épaisseur de la tôle qu'on souhaite fabriquer. Pour cela, la composition chimique doit satisfaire la relation:

$$\text{Trem} = 1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8 \text{ ou mieux } 2$$

avec : $K = 0,5$ si $B \geq 0,0005\%$ et $K = 0$ si $B < 0,0005\%$,

A noter que, plus particulièrement lorsque Trem est compris entre 1,8 et 2, il est préférable que la teneur en silicium soit supérieure à 0,5% de façon à favoriser la formation d'austénite retenue.

En outre, les teneurs en Ti, Zr et N doivent, de préférence, être telles que :

$$Ti + Zr/2 - 7xN/2 \geq 0,05\%, \text{ et mieux supérieure à } 0,1\%, \text{ et mieux encore, supérieure à } 0,3\% \text{ pour que la teneur en carbures soit suffisante.}$$

Enfin, et pour obtenir une bonne tenue à l'abrasion, la structure micrographique de l'acier est constituée de martensite ou de bainite ou d'un mélange de ces deux structures, et de 5% à 20% d'austénite retenue. Cette structure comprenant en outre des gros carbures de titane ou de zirconium, voire des carbures de niobium, de tantale ou de vanadium, formés à haute température. Les inventeurs ont constaté que l'efficacité des gros carbures pour l'amélioration de la tenue à l'abrasion pouvait être obérée par le déchaussement prématuré de ceux-ci et que ce déchaussement pouvait être évité par la présence d'austénite métastable qui se transforme en martensite fraîche sous l'effet des phénomènes d'abrasion. La transformation de l'austénite métastable en martensite fraîche se faisant par gonflement, cette transformation dans la sous-couche abrasée augmente la résistance au déchaussement des carbures et, ainsi, améliore la résistance à l'abrasion.

D'autre part, la dureté élevée de l'acier et la présence de carbures de titane fragilisant imposent de limiter autant que possible les opérations de planage. De ce point de vue, les inventeurs ont constaté qu'en ralentissant de façon suffisante le refroidissement dans le domaine de transformation bainito-martensitique, on réduit les déformations résiduelles des produits, ce qui permet de limiter les opérations de planage. Les inventeurs ont constaté qu'en refroidissant la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement $V_r < 1150 \times e_p^{-1,7}$, (dans cette formule, e_p est l'épaisseur de la tôle exprimée en mm, et la vitesse de refroidissement est exprimée en °C/s) en dessous d'une température $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times Mn - 37 \times Ni - 70 \times Cr - 83 \times (Mo + W/2)$, (exprimée en °C), d'une part on favorisait l'obtention d'une proportion significative d'austénite résiduelle, et d'autre part, on réduisait les contraintes résiduelles engendrées par les changements de phase.

Pour fabriquer une tôle ayant une bonne résistance à l'abrasion et bien plane, on élabore l'acier, on le coule sous forme de brame ou de lingot. On lamine à chaud la brame ou le lingot pour obtenir une tôle qu'on soumet à un traitement thermique permettant tout à la fois d'obtenir la structure souhaitée et une bonne planéité sans planage ultérieur ou avec un planage limité. Le traitement thermique peut être effectué directement dans la chaude de laminage ou réalisé ultérieurement, éventuellement après un planage à froid ou à mi-chaud.

Pour réaliser le traitement thermique :

- on chauffe l'acier au-dessus du point AC_3 de façon à lui conférer une structure entièrement austénitique,
- puis on le refroidit à une vitesse de refroidissement moyenne supérieure à la vitesse critique de transformation bainitique jusqu'à une température égale ou légèrement inférieure (de moins de 50°C environ) à une température $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times Mn - 37 \times Ni - 70 \times Cr - 83 \times (Mo + W/2)$, (exprimée en °C),
- puis, entre la température ainsi définie (c'est à dire comprise entre T et $T - 50^\circ C$ environ) et 100°C environ, on refroidit la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne à cœur V_r comprise entre 0,1°C/s, pour obtenir une dureté suffisante, et 1150 $\times e_p^{-1,7}$, pour obtenir la structure souhaitée,
- et on refroidit la tôle jusqu'à la température ambiante, de préférence, sans que ce soit obligatoire, à une vitesse lente.

En outre, on peut effectuer un traitement de détente à une température inférieure ou égale à 350°C, et de préférence inférieure ou égale à 250°C.

On obtient ainsi une tôle, dont l'épaisseur peut être comprise entre 2 mm et 150 mm, ayant une excellente planéité caractérisée par une flèche inférieure à 12 mm par mètre sans planage ou avec un planage modéré. La tôle a une dureté comprise entre 280HB et 650HB. Cette dureté dépend principalement de la teneur en carbone

5 libre $C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8$.

En fonction des teneurs en carbone libre C^* , on peut définir plusieurs domaines correspondant à des niveaux de dureté croissant, et en particulier :

- a) $0,1\% \leq C^* \leq 0,2\%$, la dureté est comprise entre 280HB et 450HB environ,
- b) $0,2\% < C^* \leq 0,3\%$, la dureté est comprise entre 380HB et 550HB environ,
- 10 c) $0,3\% < C^* \leq 0,5\%$, la dureté est comprise entre 450HB et 650HB environ.

La dureté étant fonction de la teneur en carbone libre C^* , la même dureté peut être obtenue avec des teneurs en titane ou zirconium très différentes. A dureté égale, la résistance à l'abrasion est d'autant plus élevée que la teneur en titane ou zirconium est importante. De même, à teneur en titane ou zirconium égale, la

15 résistance à l'abrasion est d'autant meilleure que la dureté est élevée. De plus, la mise en œuvre de l'acier est d'autant plus facile que la teneur en carbone libre est faible, mais à teneur en carbone libre égale, la ductilité est d'autant meilleure que la teneur en titane est faible. L'ensemble de ces considérations permet de choisir les teneurs en carbone et titane ou zirconium qui conduisent à l'ensemble des propriétés

20 les mieux adaptées à chaque domaine d'application.

Selon les niveaux de dureté, les utilisations sont par exemple :

- 280 à 450 HB : godets, bennes de camions et de dumpers, blindages de cyclones, trémies, moules à parpaings,
- 380 à 550 HB : blindages de broyeurs à percussion, lame d'attaque de bulldozer,
- 25 lames de benne preneuse, grilles de cribles,
- 450 à 650 HB : plaques de blindage de broyeur à cylindres, renforts de godets, renforts sous lame d'attaque, bouclier de lame éperon, bord d'attaque.

A titre d'exemple, on considère des tôles en aciers repérés A à G selon l'invention et H à J selon l'art antérieur. Les compositions chimiques des aciers, exprimés en

30 10^{-3} % en poids, ainsi que la dureté, la teneur en austénite résiduelle de la structure et un indice de résistance à l'usure Rus, sont reportées au tableau 1.

Tableau 1

	C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Ti	B	N	HB	% aust	Rus
A	360	850	50	1300	500	700	100	500	400	2	6	460	10	1,42
B	640	850	50	400	1500	700	110	450	620	3	7	555	14	2,72
C	590	520	570	550	320	1850	470	-	540	-	7	570	12	2,24
D	705	460	630	1090	280	2450	430	100	825	-	7	580	13	3,14
E	690	370	25	740	310	2100	460	-	795	-	6	605	10	2,83
F	350	810	30	1200	270	1350	380		160	2	6	510	8	1,32
G	390	790	35	1210	250	1340	390		405	3	6	495	11	1,77
H	340	380	30	1260	470	820	370	-	410	3	6	475	1	0,86
I	315	330	25	1230	180	1360	395		165	2	6	515	2	0,7
J	367	315	30	1215	210	1375	405		430	2	5	500	2	1,01

5 L'indice de résistance à l'usure Rus varie comme le logarithme de l'inverse de la perte de poids d'une éprouvette prismatique mise en rotation dans un bac contenant des granulats calibrés de quartzite.

Toutes les tôles ont une épaisseur de 30 mm, et les tôles correspondant aux aciers A à G ont été trempées conformément à l'invention, après austénitisation à 900°C.

10 A près austénitisation, les conditions de refroidissement sont :

- pour les tôles en acier B et D: refroidissement à une vitesse moyenne de 0,7°C/s au-dessus de la température T définie plus haut, et à une vitesse moyenne de 0,13°C/s en dessous, conformément à l'invention;
- pour les tôles en acier A, C, E, F, G : refroidissement à une vitesse moyenne de 6°C/s au-dessus de la température T définie plus haut, et à une vitesse moyenne de 1,4°C/s en dessous, conformément à l'invention ;
- pour les tôles en acier H, I, J, données à titre de comparaison : austénitisation 900°C suivie de refroidissement à une vitesse moyenne de 20°C/s au dessus de la température T définie plus haut, et à une vitesse moyenne de 12°C/s en dessous.

20 Les tôles selon l'invention ont une structure martensito-bainitique contenant de 5% à 20% d'austénite retenue, alors que les tôles données à titre de comparaison ont une structure entièrement martensitique, c'est à dire, martensitique et ne contenant pas plus de 2 ou 3% d'austénite retenue. Toutes les tôles contiennent des carbures.

25



La comparaison des résistances à l'usure, montre que, à dureté et teneur en titane voisines, les tôles conformes à l'invention ont un coefficient Rus en moyenne supérieur de 0,5 à celui des tôles selon l'art antérieur. En particulier, la comparaison des exemples A et H qui diffèrent essentiellement par la structure (teneur en austénite résiduelle de 10% pour A, structure entièrement martensitique pour H) montre l'incidence de la présence d'austénite résiduelle dans la structure. Il est à noter que la différence de teneur en austénite résiduelle résulte à la fois de la différence entre les traitements thermiques et de la différence entre les teneurs en silicium.

On peut en outre observer que, toutes choses sensiblement égales par ailleurs, la contribution à la résistance à l'usure attribuable aux carbures de titane est significativement plus élevée quand leur présence est combinée avec celle d'austénite résiduelle, conformément à l'invention, que lorsque ces carbures sont précipités au sein d'une matrice essentiellement dépourvue d'austénite résiduelle. Ainsi pour des écarts similaires de teneurs en titane (et donc en TiC, le carbone étant toujours en excès), le couple d'aciers F,G (selon l'invention) se différencie nettement du couple d'aciers I,J, en terme de gain de tenue apporté par le titane. Pour F,G, le gain de résistance Rus apporté par 0,245% de Ti est de 0,46, alors qu'il n'est que de 0,31 pour un écart de 0,265% de Ti dans le cas du couple I,J.

Cette observation est attribuable à l'effet de sertissage accru des carbures de titane par la matrice environnante, quand celle-ci contient de l'austénite résiduelle susceptible de se transformer en martensite dure avec gonflement sous l'effet des sollicitations abrasives.

Par ailleurs, la déformation après refroidissement, sans planage, pour les tôles en acier selon l'invention est inférieure à 10mm/m, et est d'environ 15mm/m pour la tôle en acier H.

Il en résulte en pratique, soit la possibilité de livrer les produits sans planage, soit l'exécution d'un planage pour satisfaire une exigence de planéité plus sévère (par exemple 5mm/m) mais réalisée plus facilement et en introduisant moins de contraintes du fait de la déformation originelle moindre des produits selon l'invention.

REVENDICATIONS

1 – Procédé pour fabriquer une pièce, et par exemple une tôle, en acier résistant à l'abrasion dont la composition chimique comprend, en poids :

$$\begin{aligned}
 &0,35\% \leq C \leq 0,8\% \\
 &0\% \leq Si \leq 2\% \\
 &0\% \leq Al \leq 2\% \\
 &0,35\% \leq Si + Al \leq 2\% \\
 &0\% \leq Mn \leq 2,5\% \\
 &0\% \leq Ni \leq 5\% \\
 &0\% \leq Cr \leq 5\% \\
 &0\% \leq Mo \leq 0,50\% \\
 &0\% \leq W \leq 1,00\% \\
 &0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 0,50\% \\
 &0\% \leq B \leq 0,02\% \\
 &0\% \leq Ti \leq 2\% \\
 &0\% \leq Zr \leq 4\% \\
 &0,05\% \leq Ti + Zr/2 \leq 2\% \\
 &0\% \leq S \leq 0,15\% \\
 &N < 0,03\%
 \end{aligned}$$

- éventuellement de 0% à 1,5% de cuivre,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, Ta et V en des teneurs telles que $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi, Pb en des teneurs inférieures ou égales à 0,1%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,55\%$$

et :

$$Ti + Zr/2 - 7xN/2 \geq 0,05\%$$

et :

$$1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8$$

avec $K = 0,5$ si $B \geq 0,0005\%$ et $K = 0$ si $B < 0,0005\%$,

selon lequel on soumet la tôle à un traitement thermique de trempe, effectué dans la chaude de mise en forme à chaud et par exemple de laminage ou après austénitisation par réchauffage dans un four, pour réaliser la trempe :

- on refroidit la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne supérieure à $0,5^{\circ}\text{C/s}$ entre une température supérieure à AC_3 et une température comprise entre $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times \text{Mn} - 37 \times \text{Ni} - 70 \times \text{Cr} - 83 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)$, avec $C^* = C - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7 \times \text{N}/8$, et $T - 50^{\circ}\text{C}$,
- puis on refroidit la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement à cœur $V_r < 1150 \times e_p^{-1,7}$ et supérieure à $0,1^{\circ}\text{C/s}$ entre la température T et 100°C , e_p étant l'épaisseur de la tôle exprimée en mm,
- on refroidit la pièce ou la tôle jusqu'à la température ambiante et on effectue, éventuellement, un planage.

2 – Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

$$1,05 \times \text{Mn} + 0,54 \times \text{Ni} + 0,50 \times \text{Cr} + 0,3 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + K > 2$$

3 - Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que :

$$C > 0,45\%$$

4 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que :

$$\text{Si} + \text{Al} > 0,5\%$$

5 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 > 0,10\%$$

6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 > 0,30\%$$

7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que :

$$C^* \geq 0,22\%$$

8 – Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, en outre, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à 350°C.

9 – Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que pour ajouter le titane dans l'acier, on met l'acier liquide au contact d'un laitier contenant du titane et on fait diffuser lentement le titane du laitier dans l'acier liquide.

10 – Pièce, et notamment tôle, en acier résistant à l'abrasion dont la composition chimique comprend, en poids :

- 10
- $$0,35\% \leq C \leq 0,8\%$$
- $$0\% \leq Si \leq 2\%$$
- $$0\% \leq Al \leq 2\%$$
- $$0,35\% \leq Si + Al \leq 2\%$$
- $$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$
- 15
- $$0\% \leq Ni \leq 5\%$$
- $$0\% \leq Cr \leq 5\%$$
- $$0\% \leq Mo \leq 0,50\%$$
- $$0\% \leq W \leq 1,00\%$$
- $$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 0,50\%$$
- 20
- $$0\% \leq B \leq 0,02\%$$
- $$0\% \leq Ti \leq 2\%$$
- $$0\% \leq Zr \leq 4\%$$
- $$0,05\% \leq Ti + Zr/2 \leq 2\%$$
- $$0\% \leq S \leq 0,15\%$$
- 25
- $$N < 0,03\%$$
- éventuellement de 0% à 1,5% de cuivre,
 - éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, Ta et V en des teneurs telles que $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$,
 - éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi, Pb en des teneurs
- 30
- inférieures ou égales à 0,1%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,55\%$$

et :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 - 7\text{xN}/2 \geq 0,05 \%$$

et :

$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 1,8$$

avec : $\text{K} = 0,5$ si $\text{B} \geq 0,0005\%$ et $\text{K} = 0$ si $\text{B} < 0,0005\%$,

- 5 dont la planéité est caractérisée par une flèche inférieure à 12mm/m, l'acier ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique, ladite structure contenant en outre de 5% à 20% d'austénite retenue et des carbures.

11 – Pièce selon la revendication 10, caractérisée en ce que :

10
$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 2$$

12 - Pièce selon la revendication 10 ou la revendication 11, caractérisée en ce que :

$$\text{C} > 0,45\%$$

15

13 – Pièce selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que :

$$\text{Si} + \text{Al} > 0,5\%$$

20 14 – Pièce selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisée en ce que :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 > 0,10\%$$

25 15 – Pièce selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisée en ce que :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 > 0,30\%$$

16 - Pièce selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisée en ce que :

30
$$\text{C}^* \geq 0,22\%$$

17 – Pièce selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, caractérisée en ce qu'elle est une tôle d'épaisseur comprise entre 2 mm et 150 mm et dont la planéité est caractérisée par une flèche inférieure à 12mm/m.

18 – Pièce selon l'une quelconque de revendications 10 à 17, caractérisée en ce que la dureté est comprise entre 280 HB et 450 HB et :

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,2\%$$

5

19 - Pièce selon l'une quelconque de revendications 10 à 17, caractérisée en ce que la dureté est comprise entre 380 HB et 550 HB et :

$$0,2\% < C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,3\%$$

10

20 - Pièce selon l'une quelconque de revendications 10 à 17, caractérisée en ce que la dureté est comprise entre 450 HB et 650 HB et :

$$0,3\% < C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,5\%$$



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 1..
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 250393

Vos références pour ce dossier (facultatif)		CLI 99/01C	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		02/14 424	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE POUR FABRIQUER UNE TOLE EN ACIER RESISTANT A L'ABRASION ET TOLE OBTENUE			
LE(S) DEMANDEUR(S) : USINOR S. A. Immeuble "La Pacific" La Défense 7 11/13 Cours Valmy F - 92800 PUTEAUX (FRANCE)			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BEGUINOT	
Prénoms		Jean	
Adresse	Rue	12 rue des Pyrénées	
	Code postal et ville	71200	LE CREUSOT (FRANCE)
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BRISSON	
Prénoms		Jean-Georges	
Adresse	Rue	45 bis rue Lamartine	
	Code postal et ville	71200	LE CREUSOT (FRANCE)
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) 13/11/2002 Sophie PLAISANT			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

PCT Application
PCT/FR2003/003359

